

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-337724

(43)Date of publication of application : 08.12.2000

(51)Int.Cl. F25B 9/00

(21)Application number : 11-263507

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 17.09.1999

(72)Inventor : MASUDA MITSUHIRO

(30)Priority

Priority number : 10267938
11081804

Priority date : 22.09.1998
25.03.1999

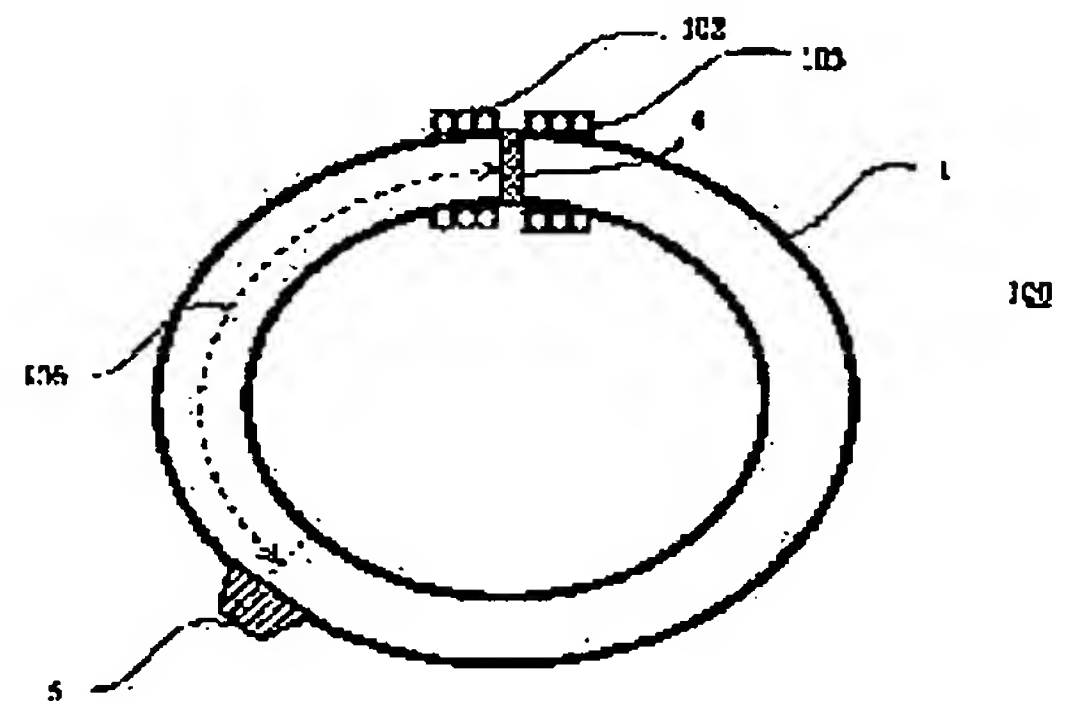
Priority country : JP
JP

(54) ACOUSTIC REFRIGERATION SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a high efficiency acoustic refrigeration system by arranging a sound wave generator opposedly to a hollow annular acoustic pipe and forming a temperature gradient in a cold accumulator disposed at a specified position of the line of the acoustic pipe with a sound wave generated from the sound wave generator.

SOLUTION: The acoustic refrigeration system 100 comprises a closed loop of a hollow annular acoustic pipe 1 provided with a cold accumulator 4 at an appropriate position thereof. The sound wave generator (loudspeaker) 5 generating a sound wave having resonance frequency of the acoustic pipe 1 is disposed at a position separated from the cold accumulator 4 by about $10/24$ of the circumferential length of the acoustic pipe. When a pressure wave having frequency equal to the resonance frequency of the pipe 1 is emitted from the loudspeaker 5, a pressure variation is generated in the pipe 1. The pressure variation is amplified in the cold accumulator 4 and reciprocal motion of fluid is induced. Since a gas cycle is formed by heat absorption through isothermal expansion and heat radiation through isothermal compression, temperature difference appears across the cold accumulator 4. Consequently, and heat is absorbed from a low temperature side heat exchanger 103 and discharged to a high temperature side heat exchanger 102 thus realizing an efficient cooling action.



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]A sound freezer countering a pipeline of a hollow annular sounding tube, and arranging a sound generator, and forming a temperature gradient in regenerator by a sound wave which it is placed between prescribed positions of a pipeline of a sounding tube by regenerator, and is emitted from a sound generator.

[Claim 2]The sound freezer according to claim 1, wherein said sound generator generates a sound wave which was formed so that a peripheral face of a pipeline of said sounding tube might be touched directly, and was set as resonant frequency of said sounding tube.

[Claim 3]The sound freezer according to claim 1, wherein said sound generator generates a sound wave which was formed so that it might branch from a pipeline of said sounding tube, and was set as resonant frequency of said sounding tube.

[Claim 4]The sound freezer according to claim 3, wherein said sound generator is provided in abbreviated 3% thru/or a position which separated abbreviated 18% of pipeline peripheral length of this sounding tube along with a branch pipe which branches from a pipeline of said sounding tube.

[Claim 5]The sound freezer according to any one of claims 2 to 4, wherein said sound generator is provided near [said] the regenerator.

[Claim 6]The sound freezer according to any one of claims 2 to 4, wherein said sound generator is provided in abbreviated 8 / 24 thru/or a position that separated abbreviated 11 / 24 of this pipeline peripheral length and is along with a pipeline of said sounding tube from said regenerator.

[Claim 7]The sound freezer according to claim 6, wherein said sound generator is allocated by position which this pipeline peripheral length separated from said regenerator abbreviated 10 / 24 along with a pipeline of said sounding tube.

[Claim 8]The sound freezer according to claim 5, wherein the low temperature side heat exchanger is provided in a peripheral face of said pipeline by the side of said sound generator of said regenerator and the elevated-temperature side heat exchanger is provided in a peripheral face of said pipeline of an opposite hand with said sound generator of said regenerator.

[Claim 9]The sound freezer according to claim 6 or 7, wherein the elevated-temperature side heat exchanger is provided in a peripheral face of said pipeline by the side of said sound generator of said regenerator and the low temperature side heat exchanger is provided in a peripheral face of said pipeline of an opposite hand with said sound generator of said regenerator.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]Especially this invention relates to the sound freezer which can attain efficient-izing and simplification of an equipment configuration about a sound freezer.

[0002]

[Description of the Prior Art]Conventionally, the sound freezer which freezes using a sound wave is known (for example, refer to JP,3-46745,B).

[0003]For example, the one end 202A stops the sound freezer 200 shown in drawing 8, have the resonance tube 202 in which the other end 202B carried out the opening, counter the open end 202B of this resonance tube 202, and the loudspeaker 201 for sound productions is arranged, and. In the resonance tube 202, the regenerator 203 which arranges a plate to two or more layers is arranged.

[0004]Here, the frequency of the force current to the loudspeaker 201 is set as the value with which a sound wave will sympathize within the resonance tube 202. If a sound wave is generated towards the closing end 202A of the resonance tube 202 from the loudspeaker 203, in the resonance tube 202, the **** pressure distribution P shown in drawing 8 will be formed, and the portion of the large belly of pressure fluctuation and the portion of the small paragraph of pressure fluctuation will occur by turns. As the arrow W shows in a figure, a belly and a paragraph will arise also in displacement of gas.

[0005]As a result, a temperature gradient occurs to the both ends of the regenerator 203. And the low temperature end and high temperature end of the regenerator 203 perform cooling of a subject, and heat dissipation to the external world via a heat exchanger (graphic display abbreviation), respectively.

[0006]The Brayton cycle which consists of the minute adiabatic compression about a gas clump, an isobaric change, adiabatic expansion, and four distance of an isobaric change can explain the above-mentioned sound freezer 200.

[0007]However, in the Brayton cycle which the above-mentioned conventional sound freezer 200 constitutes, In order to make heat emit according to temperature when heat is made to absorb according to the difference of temperature when a gas clump expands, and the temperature of the regenerator 203 or a gas clump is compressed, the temperature of the regenerator 203, and a difference, the thermal moving process has become irreversible and there is a fault whose thermal efficiency is lower than a Carnot cycle.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]Then, the thermal moving stroke became reversible and the applicant for this patent has proposed the sound freezer which can realize the gas cycle near the Carnot cycle which is an ideal gas cycle (JP,10-325625,A).

[0009]Based on drawing 9 - drawing 14, the basic structure and the principle of this sound freezer are explained.

[0010]As shown in drawing 9, the sounding tube 1 which should advance a sound wave forms the pipeline of a hollow annular closed loop. The peripheral length of this sounding tube 1 is set up so that it may become an integral multiple of the wavelength of a sound wave. Let the length of the center line of the sounding tube 1 be peripheral length in the following examples. The loudspeakers 2 and 3 as a sound generator make only $1/4$ wave of distance of a sound wave equal odd times estrange mutually, and they are attached to the sounding tube 1 so that a sound wave may be emitted in the sounding tube 1.

[0011]The sound wave generating control device 50 is connected to the loudspeakers 2 and 3, and drive controlling is carried out so that the phase of the sound wave emitted from the loudspeakers 2 and 3 may shift only $1/4$ wave of odd times of a sound wave mutually.

[0012]Next, the principle of operation of a sound freezer is explained with reference to drawing 10.

[0013]The sound wave emitted from each loudspeakers 2 and 3 branches to a 2-way, after entering in the sounding tube 1, and it advances the inside of the sounding tube 1. And two sound waves which are emitted from both the loudspeakers 2 and 3 and advance the inside of the sounding tube 1 overlap mutually.

[0014]Here, the sound waves 2R and 3R which the sound waves 2L and 3L which advance leftward [of a figure] become in phase from the arrangement space of the loudspeakers 2 and 3 and the relation of the phase contrast of a sound wave, and are piled up mutually, amplify, and advance rightward [of a figure] serve as an opposite phase, and are negated mutually. As a result, only the sound wave which advances only to one way (left) remains, and since this sound wave goes around the inside of the sounding tube 1 further and is piled up with the sound wave of the same phase, amplitude will increase like resonance.

[0015]Next, as shown in drawing 11, a frozen principle when heat exchange nature arranges the cool storage member 40 in which it is good and pressure loss is small in the sounding tube 1 of a sound freezer is explained with reference to drawing 12.

[0016]The advance sound wave which passes the cool storage member 40 has a phase shift by the position, if it pays its attention to the minute gas clump located in a certain place, bordering on the center position, the expansion stroke arose in the direction of movement of the sound wave, and the compression stroke has produced it in the counter direction. In this expansion stroke and compression stroke, heat will be carried to an opposite direction one by one with the direction of movement of a sound wave by performing heat absorption and heat dissipation using the cool storage member 40. Since this heat transfer distance is reversible, thermal efficiency becomes high rather than the conventional sound freezer.

[0017]The gas cycle of the above-mentioned sound freezer is explained with reference to drawing 13 and drawing 14.

[0018]A Carnot cycle comprises isothermal distance and heat insulation distance, and as shown in drawing 13, it is shown by the T-S diagram as a cycle diagram of the rectangle of A-H-G-D. Here, A→H shows adiabatic expansion distance (entropy regularity), H→G shows isothermal expansion distance, G→D shows adiabatic compression distance, and D→A shows isothermal expansion distance.

[0019]As shown in drawing 12, when a sound wave passes through the inside of the good cool storage member of the heat-conducting characteristic used as a gas clump to one way, a minute gas clump produces pressure variation at the same time it moves reciprocally. When a gas clump moves to the direction of movement of a sound wave most, the pressure buildup of pressure variation is quick and it is curtailed strongly. Since the heat-conducting characteristic of a cool storage member is good, isothermal compression will be performed here. This isothermal compression distance is shown by D→A in drawing 13 and drawing 14 (a).

[0020]Next, when a gas clump moves to the direction of movement of a sound wave, and a counter direction, heat is emitted in accordance with the temperature gradient of a cool storage member, and a gas clump is cooled by an abbreviation isochoric change. This distance is shown

by A→B in drawing 13 and drawing 14 (b).

[0021]Then, in the end of the counter direction of the direction of movement of a sound wave, the fall of a pressure is quick and expands strongly. At this time, it becomes the isothermal expansion distance by which heat is absorbed from a cool storage member. This distance is shown by B→C in drawing 13 and drawing 14 (c).

[0022]Also when gas moves to the direction of movement of a sound wave, it becomes an isochoric change which absorbs heat in accordance with the temperature gradient of a cool storage member. This distance is shown by C→D in drawing 13 and drawing 14 (d).

[0023]The above enables it to carry heat to an opposite direction with the direction of movement of a sound wave by one cycle of D→A→B→C→D shown in drawing 13. Thus, the cycle constituted by isothermal distance and equivalence distance is called a Stirling cycle, and the heat insulation distance of a Carnot cycle turns into equivalence distance.

[0024]Therefore, according to the above-mentioned sound freezer, efficiency equivalent to a Carnot cycle will be obtained.

[0025]However, in this sound freezer, since a part of pressure wave was reflected without passing regenerator, there was a problem that apparatus efficiency fell by the energy of the reflected pressure wave. As described above, when two or more sound generators were provided, the device etc. which adjust the phase of these sound generators needed to be formed.

[0026]This invention is made in view of this point, and it aims at realizing the gas cycle near the Carnot cycle which is an ideal gas cycle, and providing the sound freezer which realized efficient-ization with simplification of the equipment configuration.

[0027]

[Means for Solving the Problem]Counter a pipeline of a hollow annular sounding tube, and a sound generator is arranged, and this invention is a sound freezer forming a temperature gradient in regenerator by a sound wave which it is placed between prescribed positions of a pipeline of a sounding tube by regenerator, and is emitted from a sound generator. And said sound generator is specifically good also as composition which generates a sound wave which was formed so that a peripheral face of a pipeline of a sounding tube might be touched directly, and was set as resonant frequency of a sounding tube.

[0028]If a sound wave of frequency equal to resonant frequency of a sounding tube is entered from a sound generator by using this composition, big pressure fluctuation arises within a sounding tube, and within regenerator, reciprocating movement of a fluid will also be induced at the same time the amount of pressure fluctuation is amplified.

[0029]Said sound generator is good also as composition which generates a sound wave which was formed in abbreviated 3% thru/or a position which separated abbreviated 18% of pipeline peripheral length of a sounding tube along with a branch pipe which branches from a pipeline of a sounding tube, and was set as resonant frequency of a sounding tube.

[0030]By using this composition, compared with a case where it is made to arrange directly to a peripheral face of a pipeline of a sounding tube, work flux is amplified and the carry heat effect becomes large.

[0031]Said sound generator is good also as composition which is provided in abbreviated 8 / 24 thru/or a position that separated abbreviated 11 / 24 of this pipeline peripheral length, and is required along with a pipeline of a sounding tube from regenerator near the regenerator. It is preferred to be allocated by position which pipeline peripheral length separated from regenerator abbreviated 10 / 24 along with a pipeline of a sounding tube especially. Thereby, pressure fluctuation and the rate of flow in this case become in phase, and make both ends of regenerator produce a big temperature gradient.

[0032]And when said sound generator is provided and is near the regenerator, the low temperature side heat exchanger is provided in a peripheral face of a pipeline by the side of a sound generator of regenerator, and the elevated-temperature side heat exchanger is provided in

a peripheral face of a pipeline of an opposite hand with a sound generator of regenerator. When said sound generator is provided in abbreviated 8 / 24 thru/or a position that separated abbreviated 11 / 24 of this pipeline peripheral length and is along with a pipeline of a sounding tube from regenerator, The elevated-temperature side heat exchanger is provided in a peripheral face of a pipeline by the side of a sound generator of regenerator, and the low temperature side heat exchanger is provided in a peripheral face of a pipeline of an opposite hand with a sound generator of regenerator.

[0033]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, it explains concretely over a drawing about an embodiment of the invention. Drawing 1 is an outline sectional view showing the basic structure of the sound freezer in which the example of 1 embodiment of this invention is shown.

[0034] As shown in drawing 1, the sound freezer 100 has the hollow annular sounding tube 1, and serves as a closed loop. Let the length of the center line of the sounding tube 1 be peripheral length in this embodiment. The regenerator 4 is allocated in the proper place of the pipeline of the sounding tube 1. The regenerator 4 builds in the layered product, the porous body, or the cool storage member (graphic display abbreviation) that consists of two or more parallel boards mutually of the shape of a wire gauze which consists of thermally conductive high materials of copper, a copper alloy, iron, stainless steel, etc. The loudspeaker 5 as a sound generator generates the sound wave set as the resonant frequency of the sounding tube 1. It is allocated by the position which sounding tube peripheral length separated from the regenerator 4 abbreviated 8 / 24- abbreviation 11 / 24 along with the pipeline, and is allocated in this example by the position 106 in which only abbreviated 10 / 24 of sounding tube peripheral length separated from the regenerator 4.

[0035] Winding allocation of the elevated-temperature side heat exchanger 102 and the low temperature side heat exchanger 103 is carried out in sounding tube 1 peripheral face by the side of the both ends of the regenerator 4.

[0036] Although this example of an embodiment explained the case where the sound generator 5 was directly arranged to some tube walls of the sounding tube 1, Apart from this, as shown in drawing 3 and drawing 4, the loudspeaker 5 is allocated in the end portion of this branch pipe 6 using the branch pipe 6 which branched from the sounding tube 1, and it does not matter as composition which supplies a sound wave to sounding tube 1 inside from there. The loudspeaker 5 is allocated by the position from which the length 107 of the branch pipe 6 countered and connected to the sounding tube 1 becomes abbreviated 3%-18% of the pipeline peripheral length of the sounding tube 1.

[0037] By the above composition, if it enters from the loudspeaker 5, big pressure fluctuation will produce the pressure wave of frequency equal to the resonant frequency of the sounding tube 1 within the sounding tube 1. At this time, within the regenerator 4, reciprocating movement of a fluid is also induced at the same time the amount of pressure fluctuation is amplified, and these pressure fluctuation and the rate of flow become in phase further. While the gas cycle which repeats the endothermic by isothermal expansion and heat dissipation by isothermal compression is formed and making the both ends of the regenerator 4 produce a big temperature gradient with the pressure fluctuation within this regenerator 4, and reciprocating movement of a fluid, Heat is radiated to an endothermic and the elevated-temperature side heat exchanger 102 from the low temperature side heat exchanger 103 by the side of the both ends of the regenerator 4, and it acts as the freezer which cools a subject efficiently, or heat pump. As shown in drawing 2 or drawing 4, the effect same as for an about four-regenerator position 106 can be attained for the arranging position of the loudspeaker 5.

[0038] Next, by allocating the sound generator 5, as described above explains why an above-mentioned effect is realizable.

[0039] According to the general acoustic theory, when channel length is large enough compared with a passage diameter, the pressure wave in a pipe can be approximated and analyzed by a

one-dimensional plane wave, and it is known that a pressure and the rate of flow will be easily calculable. With the application of this acoustic theory, the applicant for this patent drew the expression which computes the amount P of change and the rate of flow U from average value of a pressure of the pressure wave in the regenerator 4 arranged in the sounding tube 1 like the above-mentioned drawing 1 device. The result is as being shown in the following expression 1 and the expression 2.

[0040]

[Equation 1]

$$P = P_{d+} \cdot e^{i\omega \cdot (t - \frac{\sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \cdot \omega}}}{a} \cdot x)} + P_{d-} \cdot e^{i\omega \cdot (t + \frac{\sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \cdot \omega}}}{a} \cdot x)}$$

$$(0 \leq x \leq L_d)$$

[0041]

[Equation 2]

$$U = \frac{P_{d+}}{\rho_m \cdot a \cdot \sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \cdot \omega}}} \cdot e^{i\omega \cdot (t - \frac{\sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \cdot \omega}}}{a} \cdot x)} - \frac{P_{d-}}{\rho_m \cdot a \cdot \sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \cdot \omega}}} \cdot e^{i\omega \cdot (t + \frac{\sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \cdot \omega}}}{a} \cdot x)}$$

$$(0 \leq x \leq L_d)$$

[0042]The place which the numerals in the above-mentioned expression mean here is as follows.

P_{d+} : -- the amplitude of the sound wave which advances clockwise, and P_{d-} : -- the amplitude of the sound wave which advances counter clockwise. ω : The angular frequency of vibration, the mean density of ρ_m :working medium, the length of the L_d :regenerator 4, x : The coordinates which made the regenerator left end the starting point and were clockwise taken in accordance with the center line of the sounding tube 1, a : the constant of the resistance force proportional to acoustic velocity, t :time, and the rate of flow known as a D :Darcy's law. According to the heat acoustic theory (reference: Tominaga, A.1995 Thermodynamic aspects of thermoacoustic theory. Cryogenics. 35,427-440). The effect of isothermal reversible distance becomes in the regenerator which was able to do the opening with small construction material, heat-conducting characteristic is dramatically good, and dominant, and it is known that the amount of carry heat by this effect can be quantitatively evaluated by the following expression 3. And I in this expression 3 is work flux, and is the amount P of change from the average value of a pressure and the quantity defined by the rate of flow U which are shown in the following expression 4.

[0043]

[Equation 3]

$$Q_{prog} = -\beta T_m \operatorname{Re}(Fs \cdot g) \cdot I$$

[0044]

[Equation 4]

$$I = \langle P \cdot U \rangle_t$$

[0045]The place which the numerals in the above-mentioned expression mean here is as follows. Q_{prog} : The amount of carry heat in regenerator, work flux in I :regenerator, β : The coefficient of thermal expansion of working medium, T_m : The spatial mean temperature of working medium, the constant relevant to the calorific capacity ratio of Fs :working medium and regenerator, g : As

shown in the account expression 3 of a price increase showing the time average in the constant relevant to heat-conducting characteristic, the function showing the real part in $\text{Re}():()$, and $\langle \rangle$: $\langle \rangle$, The amount Q_{prog} of carry heat in regenerator is proportional to the work flux I , and if the work flux I in the regenerator 4 of the sounding tube 1 is calculated using the above-mentioned expression 1, 2, and 4 about the case where the distance L_{ds} from the regenerator 4 to the sound generator 5 is changed, it will serve as a curve shown as the solid line of drawing 5. Since the attaching member generally intervenes in allocating the sound generator 5 in the peripheral face of the pipeline of the sounding tube 1, the sound generator 5 will be formed in the position which is a little separated from the pipeline of the sounding tube 1 actually. For this reason, the curve shown as the solid line of drawing 5 in consideration of this point is calculated supposing the case where the sound generator 5 is allocated by the position which that pipeline peripheral length separated from the pipeline of the sounding tube 1 2%. Here, distance of the sound generator 5 and the peripheral face of a sounding tube pipeline was made into 2% because the interval produced with an attaching member etc. had become about 1 to 2% of pipeline peripheral length conventionally.

[0046]When the sound wave incidence position from this result to the sounding tube 1 serves as distance of abbreviated $10 / 24$ of sounding tube peripheral length from the end of about four regenerator or the regenerator 4, the work flux I is considered that it becomes the maximal value of positive/negative and the carry heat effect becomes the strongest. However, in an about four-regenerator position and the position of the above-mentioned abbreviation $10/24$, the direction to carry heat becomes opposite.

[0047]When the sound wave incidence position to the sounding tube 1 serves as distance of abbreviated $10 / 24$ of sounding tube peripheral length from the end of the regenerator 4, It becomes the curve which showed the work flux I in the regenerator 4 as the solid line of drawing 6 when calculated also about the case where the distance L_{bs} to the loudspeaker 5 is changed from a tee along with the branch pipe 410. When work flux is amplified by taking the distance from a tee to the loudspeaker 5 and that distance becomes 16% of the pipeline peripheral length of the sounding tube 1 from this result, theoretically, work flux serves as the maximum and is considered that the carry heat effect becomes the strongest.

[0048]Next, it experimented in order to confirm the validity of the result based on an above-mentioned theory. In drawing 7, the sound freezer 400 has the hollow annular sounding tube 1, and the peripheral length is about 3.4 m. The loudspeaker 5 (sound generator) is installed in this sounding tube 1 via the tee 410. The covering 420 is attached to the back of the loudspeaker 5. The amplifier 430 and the signal generator 440 for generating a predetermined pressure wave are connected to the loudspeaker 5.

[0049]On the other hand, the regenerator 4 is formed in the sounding tube 1, the thermo couples 450 and 451 are attached to the both ends of that regenerator 4, and the oscillographic recorder 460 for checking the temperature gradient acquired from this thermo couple is connected.

[0050]The loudspeaker 5 was driven with the resonant frequency of the sounding tube 1, capability measurement of the sound freezer 400 which consists of the above composition was performed, distance L_{ds} of the tee 410 and the regenerator 4 to which the loudspeaker 5 is connected was changed, the influence was investigated, and it expressed with the symbol sign of a white rectangular head to drawing 5. However, the length L_{bs} of the tee 410 is made into 2% of the pipeline peripheral length of the sounding tube 1 like the case where it is based on the above-mentioned theory, in this case.

[0051]Distance L_{ds} of the tee 410 and the regenerator 4 to which the loudspeaker 5 is connected was set to abbreviated $10 / 24$ of the pipeline peripheral length of the sounding tube 1, the length L_{bs} of the tee 410 was changed, the influence was investigated, and the dotted line showed to drawing 6. Scale adjustment of the work flux I and a regenerator both-ends temperature gradient is performed so that it may be easy to understand correlation in drawing 5 and drawing 6.

[0052]The experimental result about the influence of Lds obtained by the device of drawing 7 was able to check that the theory which the result and the tendency to be based on the theory mentioned above were very well in agreement, and mentioned above was appropriate so that the result of this drawing 5 might show.

[0053]Although the result and the tendency to be based on the theory which the experimental result about the influence of Lbs obtained by the drawing 7 device mentioned above from the result of drawing 6 on the other hand are in agreement, the maximum has shifted and it thinks because it is necessary to take into consideration other actually produced elements, such as influence of a regenerator loss.

[0054]And along with a pipeline, from an about four-regenerator position or the regenerator 4 so that clearly from the result of this drawing 5 in the position of the distance of abbreviated $8 / 24 - 11/24$ of the pipeline peripheral length of the sounding tube 1. A regenerator both-ends temperature gradient will be about 20 degrees, the regenerator both-ends temperature gradient is the largest further in the position of the distance of abbreviated $10 / 24$ of the regenerator 4 to pipeline peripheral length, and efficient-ization of a device will be attained by allocating the loudspeaker 5 as a sound generator in this position.

[0055]The regenerator both-ends temperature gradient at the time of making the length Lbs of the tee 410 into abbreviated 3%–18% of the pipeline peripheral length of the sounding tube 1 is not less than about 30 ** from the experimental result of drawing 6, A quite bigger value than the regenerator both-ends temperature gradient (about 23 **) at the time of making the length Lbs of the tee 410 into 2% of the pipeline peripheral length of the sounding tube 1 will be obtained, and the increase in efficiency of a device will be attained by adjusting the length of the tee 410 to this range, and arranging the loudspeaker 5.

[0056]Explanation of the above-mentioned embodiment is for explaining this invention, and it should not be understood so that the invention of a statement may be limited to a claim or the range may be reduced. As for each part composition of this invention, it is needless to say for various modification to be possible in a technical scope given not only in the above-mentioned embodiment but a claim.

[0057]For example, although the case where only one piece was constituted using the sound generator 5 was explained, the sound generator 5 is not cared about with explanation of the above-mentioned embodiment as arranged composition. In this case, since the phase of the sound wave of these sound generators turns into an inphase or an opposite phase, there is an advantage of not needing the complicated phase adjuster etc. which adjust a phase.

[0058]Although explanation of the above-mentioned embodiment explained the sound generator 5 as an input part, if the heat exchanger which made the sound generator 5 the outputting part and was installed in regenerator 4 both ends is made into an input part, it is possible to also make it function as an engine cycle.

[0059]

[Effect of the Invention]According to this invention, reciprocating movement of a fluid is also induced at the same time the amount of pressure fluctuation within regenerator is amplified, and also pressure fluctuation and the rate of flow become in phase as stated above. As a result, the both ends of regenerator can be made to produce a big temperature gradient, and efficient-ization of a device can be attained.

[0060]For this reason, one set only of a sound generator can attain efficient-ization more than a device conventionally, and it can also attain simplification of an equipment configuration.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is an outline sectional view showing the example of 1 embodiment of the sound freezer concerning this invention.

[Drawing 2]It is an outline sectional view showing the 2nd example of an embodiment of the sound freezer concerning this invention.

[Drawing 3]It is an outline sectional view showing the 3rd example of an embodiment of the sound freezer concerning this invention.

[Drawing 4]It is an outline sectional view showing the 4th example of an embodiment of the sound freezer concerning this invention.

[Drawing 5]It is a figure for explaining the result based on the theory of a sound freezer and the experiment in this invention.

[Drawing 6]It is a figure for explaining the result based on the theory of a sound freezer and the experiment in this invention.

[Drawing 7]It is an experiment circuitry figure for checking the effect of the sound freezer in this invention.

[Drawing 8]It is a sectional view of the conventional sound freezer.

[Drawing 9]It is a figure for explaining the principle of operation of the sound freezer concerning an applicant's proposal.

[Drawing 10]It is Drawing 2 same as the above.

[Drawing 11]It is a schematic diagram showing the basic structure of this sound freezer.

[Drawing 12]It is a figure for explaining the heat transfer distance of this sound freezer.

[Drawing 13]It is a T-S diagram showing the refrigerating cycle of this sound freezer.

[Drawing 14]It is a figure for explaining this refrigerating cycle.

[Description of Notations]

1 Sounding tube

4 Regenerator

5 Sound generator

100 Sound freezer

102 Elevated-temperature side heat exchanger

103 Low temperature side heat exchanger

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-337724
(P2000-337724A)

(43)公開日 平成12年12月 8 日 (2000. 12. 8)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームト*(参考)

F 2 5 B 9/00

F 2 5 B 9/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-263507

(22)出願日 平成11年 9 月17日 (1999. 9. 17)

(31)優先権主張番号 特願平10-267938

(32)優先日 平成10年 9 月22日 (1998. 9. 22)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平11-81804

(32)優先日 平成11年 3 月25日 (1999. 3. 25)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号

(72)発明者 増田 光博

大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三
洋電機株式会社内

(74)代理人 100111383

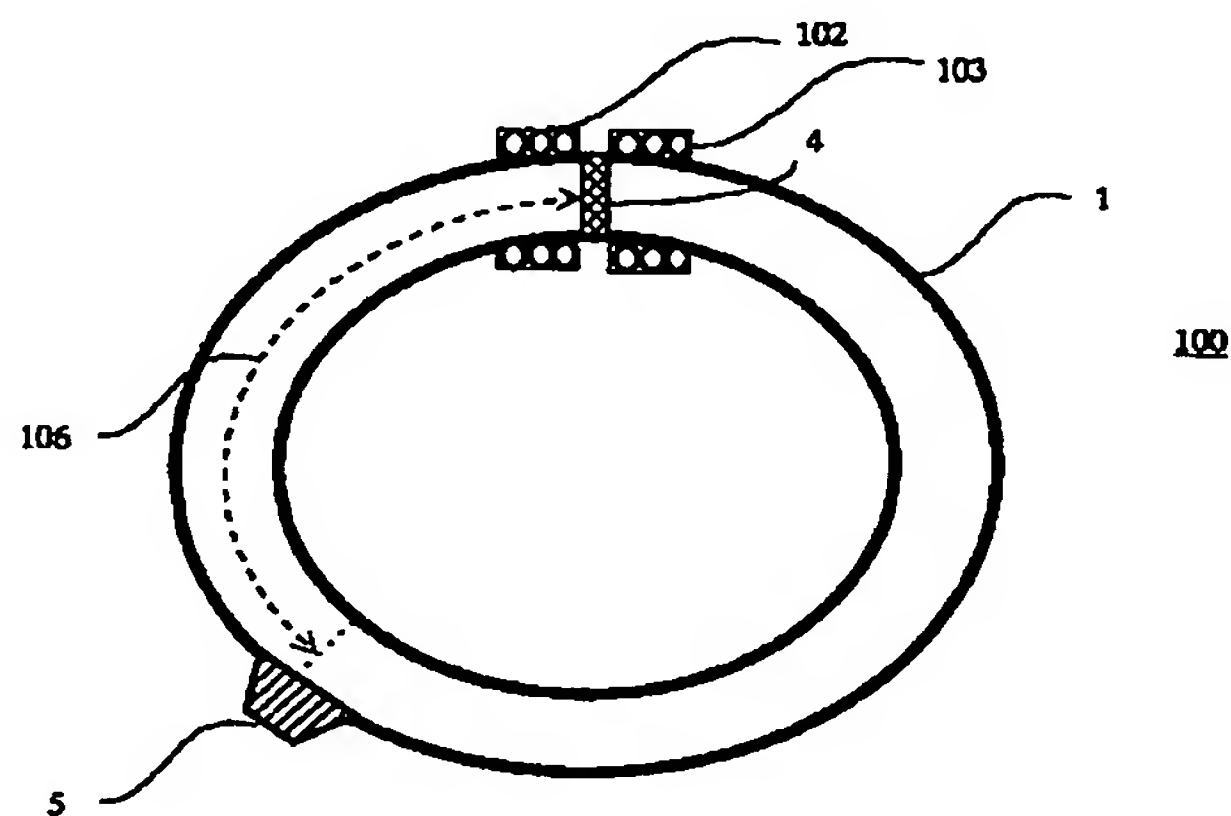
弁理士 芝野 正雅

(54)【発明の名称】 音響冷凍装置

(57)【要約】

【課題】 理想的なガスサイクルであるカルノーサイクルに近いガスサイクルを実現すると共に、装置構成の簡略化と共に高効率化を実現した音響冷凍装置を提供する。

【解決手段】 中空環状の音響管 1 の管路に対向して、音波発生装置 5 が配備されると共に、音響管 1 の管路の所定位置には蓄冷器 4 が介在し、音波発生装置 5 から発せられる音波によって蓄冷器 4 に温度勾配を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 中空環状の音響管の管路に対向して、音波発生装置が配備されると共に、音響管の管路の所定位置には蓄冷器が介在し、音波発生装置から発せられる音波によって蓄冷器に温度勾配を形成することを特徴とする音響冷凍装置。

【請求項2】 前記音波発生装置は、前記音響管の管路の外周面に直接接するように設けられ、前記音響管の共鳴周波数に設定された音波を発生することを特徴とする請求項1に記載の音響冷凍装置。

【請求項3】 前記音波発生装置は、前記音響管の管路から分岐するように設けられ、前記音響管の共鳴周波数に設定された音波を発生することを特徴とする請求項1に記載の音響冷凍装置。

【請求項4】 前記音波発生装置は、前記音響管の管路から分岐する分岐管に沿って該音響管の管路周長の略3%乃至略18%離れた位置に設けられていることを特徴とする請求項3に記載の音響冷凍装置。

【請求項5】 前記音波発生装置は、前記蓄冷器近傍に設けられていることを特徴とする請求項2乃至4のいずれかに記載の音響冷凍装置。

【請求項6】 前記音波発生装置は、前記蓄冷器から前記音響管の管路に沿って該管路周長の略8/24乃至略11/24離れた位置に設けられていることを特徴とする請求項2乃至4のいずれかに記載の音響冷凍装置。

【請求項7】 前記音波発生装置は、前記蓄冷器から前記音響管の管路に沿って該管路周長の略10/24離れた位置に配設されていることを特徴とする請求項6に記載の音響冷凍装置。

【請求項8】 前記蓄冷器の前記音波発生装置側の前記管路の外周面には低温側熱交換器が設けられ、前記蓄冷器の前記音波発生装置とは反対側の前記管路の外周面には高温側熱交換器が設けられていることを特徴とする請求項5に記載の音響冷凍装置。

【請求項9】 前記蓄冷器の前記音波発生装置側の前記管路の外周面には高温側熱交換器が設けられ、前記蓄冷器の前記音波発生装置とは反対側の前記管路の外周面には低温側熱交換器が設けられていることを特徴とする請求項6又は7に記載の音響冷凍装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、音響冷凍装置に関し、特に、高効率化と装置構成の簡略化を図ることが可能な音響冷凍装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、音波を利用して冷凍を行なう音響冷凍装置が知られている(例えば特公平3-46745号公報参照)。

【0003】 例えば図8に示す音響冷凍装置200は、一端202Aが閉止し、他端202Bが開口した共鳴管202を具

え、該共鳴管202の開口端202Bに対向して、音響発生用のスピーカ201が配備されると共に、共鳴管202内には、平板を複数層に配列してなる蓄冷器203が配備されている。

【0004】 ここで、スピーカ201への印加電流の周波数は、共鳴管202内で音波が共鳴することとなる値に設定される。スピーカ203から共鳴管202の閉止端202Aへ向けて音波が発生されると、共鳴管202内には、図8に示す如き圧力分布Pが形成され、圧力変動の大きい腹の部分と、圧力変動の小さな節の部分とが交互に発生する。又、図中に矢印Wで示す様に、ガスの変位にも腹と節が生じることになる。

【0005】 この結果、蓄冷器203の両端に温度差が発生する。そして、蓄冷器203の低温端と高温端がそれぞれ熱交換器(図示省略)を介して対象物の冷却と外界への放熱を行なうのである。

【0006】 上記の音響冷凍装置200は、微小なガス塊についての断熱圧縮、等圧変化、断熱膨張、及び等圧変化の4つの行程からなるブレイトンサイクルによって説明することが出来る。

【0007】 しかしながら、上記した従来の音響冷凍装置200が構成するブレイトンサイクルにおいては、ガス塊が膨張したときの温度と蓄冷器203の温度との差によって熱を吸収させたり、ガス塊が圧縮されたときの温度と蓄冷器203の温度と差によって熱を放出させているため、熱的移動過程が不可逆的となっており、カルノーサイクルよりも熱効率が低い欠点がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 そこで、本願出願人は、熱的移動行程が可逆的となつて、理想的なガスサイクルであるカルノーサイクルに近いガスサイクルを実現出来る音響冷凍装置を提案している(特開平10-325625号公報)。

【0009】 図9～図14に基づいて、かかる音響冷凍装置の基本構造及び原理について説明する。

【0010】 図9に示す如く、音波を進行させるべき音響管1は、中空環状の閉ループの管路を形成している。該音響管1の周長は、音波の波長の整数倍となる様に設定する。尚、以下の例では、音響管1の中心線の長さを周長とする。音波発生装置としてのスピーカ2、3は、音波の1/4波長の奇数倍に等しい距離だけ互いに離間させて、音響管1内に音波を放射するように音響管1に取り付けられる。

【0011】 又、スピーカ2、3には音波発生制御装置50が接続され、スピーカ2、3から放射される音波の位相が互いに音波の1/4波長の奇数倍だけずれるように駆動制御される。

【0012】 次に、音響冷凍装置の動作原理について、図10を参照して説明する。

【0013】 各スピーカ2、3から放射された音波は、

音響管1内に入ってから2方向に分岐し、音響管1内を進行する。そして、両スピーカ2、3から放射されて音響管1内を進行する2つの音波が互いに重なり合う。

【0014】ここで、スピーカ2、3の配置間隔と音波の位相差の関係から、図の左方向へ進行する音波2Lと3Lとは、同位相となり、互いに重ね合わされて増幅し、図の右方向へ進行する音波2Rと3Rとは、逆位相となり、互いに打ち消し合う。この結果、一方向(左方向)にのみ進行する音波だけが残し、該音波は更に音響管1内を一周して同じ位相の音波と重ね合わされるため、共鳴と同様に振幅が増大されることになる。

【0015】次に、図11に示す如く、音響冷凍装置の音響管1内に、熱交換性が良く、圧力損失の小さい蓄冷部材40を配備した場合における冷凍原理について、図12を参照して説明する。

【0016】蓄冷部材40を通過する進行音波は、その位置により位相のずれがあり、ある場所に位置する微小なガス塊に着目すると、その中心位置を境に、音波の進行方向では膨張行程が生じ、その反対方向では圧縮行程が生じている。この膨張行程及び圧縮行程において、蓄冷部材40を用いて熱吸収及び熱放出が行なわれることによって、熱が音波の進行方向とは逆方向へ順次運ばれることになる。この伝熱行程は可逆的であるため、従来の音響冷凍装置よりも熱効率が高くなるのである。

【0017】更に、上記音響冷凍装置のガスサイクルについて、図13及び図14を参照して説明する。

【0018】カルノーサイクルは等温行程と断熱行程から構成され、図13に示す様に、T-S線図では、A・H・G・Dの長方形のサイクル線図として示される。ここで、A→Hは断熱膨張行程(エントロピー一定)を示し、H→Gは等温膨張行程を示し、G→Dは断熱圧縮行程を示し、D→Aは等温膨張行程を示している。

【0019】図12に示す様に、ガス塊となる伝熱性の良い蓄冷部材中を一方向に音波が通過する場合、微小なガス塊は往復運動をすると同時に圧力変化を生じる。圧力変化は、ガス塊が音波進行方向に最も移動したときに、圧力上昇が速く、強く圧縮される。ここで蓄冷部材の伝熱性がよいため、等温圧縮が行なわれることになる。この等温圧縮行程は、図13及び図14(a)においてD→Aで示される。

【0020】次に、ガス塊が音波進行方向と反対方向へ移動するときに、蓄冷部材の温度勾配に沿って熱が放出され、ガス塊は略等積変化で冷却される。この行程は、図13及び図14(b)においてA→Bで示される。

【0021】その後、音波進行方向の反対方向の端部においては、圧力の低下が速く、強く膨張する。このとき、蓄冷部材から熱が吸収される等温膨張行程となる。この行程は、図13及び図14(c)においてB→Cで示される。

【0022】ガスが音波進行方向へ移動するときにも、

蓄冷部材の温度勾配に沿って熱を吸収する等積変化となる。この行程は、図13及び図14(d)においてC→Dで示される。

【0023】以上により、図13に示すD→A→B→C→Dの1サイクルによって、熱を音波進行方向とは逆方向へ運ぶことが可能となる。この様に、等温行程と等積行程によって構成されるサイクルは、スターリングサイクルと呼ばれ、カルノーサイクルの断熱行程が等積行程となったものである。

10 【0024】従って、上記音響冷凍装置によれば、カルノーサイクルと同等の効率が得られることになる。

【0025】しかし、斯かる音響冷凍装置においては、圧力波の一部は蓄冷器を通過せずに反射してしまうため、反射した圧力波のエネルギー分だけ装置効率が低下するという問題があった。さらに、上記したように音波発生装置を複数設けた場合には、これらの音波発生装置の位相を調整する装置等を設ける必要があった。

20 【0026】本発明は斯かる点に鑑みてなされたものであって、理想的なガスサイクルであるカルノーサイクルに近いガスサイクルを実現すると共に、装置構成の簡略化と共に高効率化を実現した音響冷凍装置を提供することを目的としている。

【0027】

【課題を解決する為の手段】本発明は、中空環状の音響管の管路に対向して、音波発生装置が配備されると共に、音響管の管路の所定位置には蓄冷器が介在し、音波発生装置から発せられる音波によって蓄冷器に温度勾配を形成することを特徴とする音響冷凍装置である。そして、具体的には前記音波発生装置は、音響管の管路の外周面に直接接するように設けられ、音響管の共鳴周波数に設定された音波を発生する構成としても良い。

30 【0028】この構成を用いることにより、音響管の共鳴周波数に等しい周波数の音波を音波発生装置から入射すると、音響管内で大きな圧力変動が生じて、蓄冷器内では圧力変動量が増幅されると同時に流体の往復運動も誘起される。

40 【0029】また、前記音波発生装置は、音響管の管路から分岐する分岐管に沿って音響管の管路周長の略3%乃至略18%離れた位置に設けられ、音響管の共鳴周波数に設定された音波を発生する構成としても良い。

【0030】この構成を用いることにより、音響管の管路の外周面に直接配置させる場合に比べて、仕事流束が増幅されて熱搬送効果が大きくなる。

50 【0031】さらに、前記音波発生装置は、蓄冷器近傍若しくは蓄冷器から音響管の管路に沿って該管路周長の略8/24乃至略11/24離れた位置に設けられる構成としても良い。特に、蓄冷器から音響管の管路に沿って管路周長の略10/24離れた位置に配設されているのが好ましい。これにより、この際の圧力変動と流速は同位相となり、蓄冷器の両端に大きな温度差を生じさ

せる。

【0032】そして、前記音波発生装置が蓄冷器近傍に設けられている場合には、蓄冷器の音波発生装置側の管路の外周面には低温側熱交換器が設けられ、蓄冷器の音波発生装置とは反対側の管路の外周面には高温側熱交換器が設けられている。また、前記音波発生装置が蓄冷器から音響管の管路に沿って該管路周長の略8/24乃至略11/24離れた位置に設けられている場合には、蓄冷器の音波発生装置側の管路の外周面には高温側熱交換器が設けられ、蓄冷器の音波発生装置とは反対側の管路の外周面には低温側熱交換器が設けられている。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態につき、図面に沿って具体的に説明する。図1は本発明の一実施形態例を示す音響冷凍装置の基本構造を示す概略断面図である。

【0034】図1に示す様に、音響冷凍装置100は、中空環状の音響管1を有し閉ループとなっている。尚、本実施形態では音響管1の中心線の長さを周長とする。音響管1の管路の適所には、蓄冷器4が配設されている。蓄冷器4は、銅、銅合金、鉄、ステンレス鋼等の熱伝導性の高い資材からなる金網状の積層体や多孔質体、或いは互いに平行な複数枚の板からなる蓄冷部材(図示省略)を内蔵している。また、音波発生装置としてのスピーカ5は、音響管1の共鳴周波数に設定された音波を発生し、蓄冷器4から管路に沿って音響管周長の略8/24～略11/24離れた位置に配設されており、本実施例では音響管周長の略10/24だけ蓄冷器4から離れた位置106に配設されている。

【0035】また、蓄冷器4の両端側の音響管1外周面に、高温側熱交換器102と、低温側熱交換器103とが巻回配設されている。

【0036】尚、本実施形態例では音波発生装置5は、音響管1の管壁の一部に直接配置させた場合について説*

$$P = P_{d+} \cdot e^{i\omega \cdot (t - \frac{\sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \omega^2}}}{a} \cdot x)} + P_{d-} \cdot e^{i\omega \cdot (t + \frac{\sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \omega^2}}}{a} \cdot x)} \quad (0 \leq x \leq L_d)$$

【0041】

※40※ 【数2】

$$U = \frac{P_{d+}}{\rho_m \cdot a \cdot \sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \omega^2}}} \cdot e^{i\omega \cdot (t - \frac{\sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \omega^2}}}{a} \cdot x)} - \frac{P_{d-}}{\rho_m \cdot a \cdot \sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \omega^2}}} \cdot e^{i\omega \cdot (t + \frac{\sqrt{1 - \frac{D}{\rho_m \omega^2}}}{a} \cdot x)} \quad (0 \leq x \leq L_d)$$

【0042】ここで、上記数式における符号の意味するところは次の通りである。

Pd+：時計回りに進行する音波の振幅、
Pd-：反時計回りに進行する音波の振幅、

*明したが、これとは別に、図3、図4に示すように音響管1から分岐した分岐管6を用い、この分岐管6の一端部分にスピーカ5を配設し、そこから音響管1内部へ音波を供給する構成としても構わない。スピーカ5は、音響管1に対向して接続された分岐管6の長さ107が音響管1の管路周長の略3%～18%となる位置に配設されている。

【0037】以上の構成により、音響管1の共鳴周波数に等しい周波数の圧力波をスピーカ5から入射すると、音響管1内で大きな圧力変動が生じる。この時、蓄冷器4内では圧力変動量が増幅されると同時に流体の往復運動も誘起され、さらに、これら圧力変動と流速は同位相となる。この蓄冷器4内での圧力変動と流体の往復運動により、等温膨張による吸熱と等温圧縮による放熱を繰り返すガスサイクルが形成され、蓄冷器4の両端に大きな温度差を生じさせるとともに、蓄冷器4の両端側の低温側熱交換器103から吸熱、高温側熱交換器102へ放熱し、効率よく対象物の冷却を行う冷凍機やヒートポンプとして作用する。また、図2又は図4に示すように、スピーカ5の配設位置を、蓄冷器4近傍の位置106にしても同様の効果を達成することができる。

【0038】次に、上記したように音波発生装置5を配設することにより、上述の効果を実現できる理由について説明する。

【0039】一般的な音響理論によると、流路径に比べ流路長さが十分大きい場合に、管内の圧力波を1次元的な平面波で近似して解析でき、圧力と流速を容易に計算できることが知られている。この音響理論を適用して本願出願人は、上記図1装置の如く、音響管1内に配置した蓄冷器4内における圧力波の圧力の平均値からの変動量Pと流速Uを算出する数式を導出した。その結果は下記数式1、数式2に示す通りである。

【0040】

【数1】

ω ：振動の角周波数、

ρ_m ：作動ガスの平均密度、

L_d ：蓄冷器4の長さ、

50 x：蓄冷器左端を原点とし、音響管1の中心線に沿って

時計回りにとった座標、

a：音速、

t：時間、

D：ダルシー則として知られる流速に比例する抵抗力の定数

また、熱音響理論（参考文献：Tominaga, A. 1995 Thermo dynamic aspects of thermoacoustic theory. Cryogenics. 35, 427-440）によると、目開きが小さい材質で *

$$Q_{prog} = -\beta T_m \operatorname{Re}(Fs \cdot g) \cdot I$$

【0044】

【数4】

$$I = \langle P \cdot U \rangle_t$$

【0045】ここで、上記数式における符号の意味するところは次の通りである。

Qprog：蓄冷器内の熱搬送量、

I：蓄冷器内の仕事流束、

β ：作動ガスの熱膨張率、

Tm：作動ガスの空間的な平均温度、

Fs：作動ガスと蓄冷器の熱容量比に関連する定数、

g：伝熱性に関連する定数、

Re()：()内の実数部分を表す関数、

$\langle \rangle_t$ ： $\langle \rangle$ 内の時間平均を表す値

上記数式3から分かるように、蓄冷器内の熱搬送量Qprogは仕事流束Iに比例しており、上記した数式1、2、4を用いて音響管1の蓄冷器4における仕事流束Iを、蓄冷器4から音波発生装置5までの距離Ldsを変化させた場合について計算すると、図5の実線で示した曲線となる。尚、一般に、音波発生装置5を音響管1の管路の外周面に配設する場合には、その取り付け部材等が介在するため、音波発生装置5は実際には音響管1の管路から若干離れた位置に設けられることになる。このため、この点を考慮して図5の実線で示した曲線は、音波発生装置5が音響管1の管路からその管路周長の2%離れた位置に配設されている場合を想定して計算したものである。ここで、音波発生装置5と音響管管路の外周面との距離を2%としたのは、従来、取り付け部材等により生じる間隔が管路周長の1~2%程度となっていたためである。

【0046】この結果から、音響管1への音波入射位置が蓄冷器4近傍、若しくは蓄冷器4の一端から音響管周長の略10/24の距離となるとき、仕事流束Iが正負の極大値となり熱搬送効果がもっとも強くなると考えられる。但し、蓄冷器4近傍の位置と上記略10/24の位置では、熱搬送の向きが反対となる。

【0047】さらに、音響管1への音波入射位置が蓄冷器4の一端から音響管周長の略10/24の距離となるときに、蓄冷器4における仕事流束Iを、分岐管410に沿って分岐部からスピーカ5までの距離Lbsを変化さ

* きた蓄冷器内においては、伝熱性が非常に良く、等温可逆行程の効果が支配的となり、この効果による熱搬送量を定量的に下記数式3によって評価できることが知られている。そして、この数式3におけるIは仕事流束であり、下記数式4に示す、圧力の平均値からの変動量Pと流速Uにより定義される量である。

【0043】

【数3】

$$\operatorname{Re}(Fs \cdot g) \cdot I$$

せた場合についても計算をすると、図6の実線で示した曲線となる。この結果から、分岐部からスピーカ5までの距離をとることで仕事流束は増幅され、その距離が音響管1の管路周長の16%となるときに理論的には仕事流束が最大となり、熱搬送効果が最も強くなると考えられる。

【0048】次に、上述の理論に基づく結果の妥当性を確かめるために実験を行った。図7において、音響冷凍装置400は中空環状の音響管1を有しておりその周長は約3.4mである。この音響管1には分岐部410を介してスピーカ5（音波発生装置）が設置されている。スピーカ5の背面にはカバー420が取り付けられている。また、スピーカ5には所定の圧力波を発生するためのアンプ430及び信号発生器440が接続されている。

【0049】一方、音響管1には蓄冷器4が設けられ、その蓄冷器4の両端には熱電対450、451が取り付けられ、この熱電対から得られる温度差を確認するためのオシログラフィックレコーダ460が接続されている。

【0050】以上の構成からなる音響冷凍装置400の能力測定を、音響管1の共鳴周波数でスピーカ5を駆動して行い、スピーカ5が接続される分岐部410と蓄冷器4との距離Lds470を変化させてその影響を調べ、図5に白抜き四角のシンボル記号で表わした。但しこの場合には、分岐部410の長さLbsは、上記した理論に基づく場合と同様に、音響管1の管路周長の2%としている。

【0051】また、スピーカ5が接続される分岐部410と蓄冷器4との距離Lds470を音響管1の管路周長の略10/24とし、分岐部410の長さLbsを変化させてその影響を調べ、図6に点線で示した。尚、図5及び図6において相関関係が理解しやすいように仕事流束Iと蓄冷器両端温度差のスケール調整を行っている。

【0052】この図5の結果から分かるように、図7の装置により得られたLdsの影響についての実験結果は上述した理論に基づく結果と傾向が非常に良く一致しており、上述した理論が妥当であることが確認することができた。

【0053】一方、図6の結果から、図7装置により得られたLbsの影響についての実験結果は上述した理論に基づく結果と傾向は一致しているものの、最大値がずれており、蓄冷器損失の影響など実際に生じる他の要素を

20

30

40

50

考慮する必要があるためと考えられる。

【0054】そして、この図5の結果から明らかなように、蓄冷器4近傍の位置、若しくは蓄冷器4から管路に沿って音響管1の管路周長の略 $8/24 \sim 11/24$ の距離の位置では、蓄冷器両端温度差が20度近くとなり、さらに蓄冷器4から管路周長の略 $10/24$ の距離の位置では、蓄冷器両端温度差が最も大きくなっており、音波発生装置としてのスピーカ5をこの位置に配設することにより装置の高効率化が図られることになる。

【0055】また、図6の実験結果から、分岐部410の長さ Lbs を音響管1の管路周長の略3%~18%とした場合の蓄冷器両端温度差が約30℃以上となっており、分岐部410の長さ Lbs を音響管1の管路周長の2%とした場合の蓄冷器両端温度差(約23℃)よりかなり大きな値が得られることとなり、分岐部410の長さを斯かる範囲に調整してスピーカ5を配置することにより装置の効率化が図られることになる。

【0056】尚、上記実施の形態の説明は、本発明を説明するためのものであって、特許請求の範囲に記載の発明を限定し、或いは範囲を減縮する様に解すべきではない。又、本発明の各部構成は上記実施の形態に限らず、特許請求の範囲に記載の技術的範囲内で種々の変形が可能であることは勿論である。

【0057】例えば、上記実施の形態の説明では、音波発生装置5を1個だけ用いて構成した場合について説明したが、音波発生装置5を複数個配置させた構成としても構わない。尚、この際には、これらの音波発生装置の音波の位相は同相又は逆相となるので位相を調整する複雑な位相調整器等を必要としないという利点がある。

【0058】また、上記実施の形態の説明では、音波発生装置5を入力部として説明したが、音波発生装置5を出力部とし、蓄冷器4両端に設置された熱交換器を入力部とすれば、エンジンサイクルとして機能させることも可能である。

【0059】

【発明の効果】以上述べたとおり本発明によれば、蓄冷器内での圧力変動量が増幅されると同時に流体の往復運動も誘起され、更に圧力変動と流速は同位相となる。こ*

*の結果、蓄冷器の両端に大きな温度差を生じさせることができ、装置の高効率化を達成することができる。

【0060】このため、1台の音波発生装置のみでも従来装置以上の高効率化を図ることができ、装置構成の簡略化をも図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る音響冷凍装置の一実施形態例を示す概略断面図である。

【図2】本発明に係る音響冷凍装置の第2の実施形態例を示す概略断面図である。

【図3】本発明に係る音響冷凍装置の第3の実施形態例を示す概略断面図である。

【図4】本発明に係る音響冷凍装置の第4の実施形態例を示す概略断面図である。

【図5】本発明における音響冷凍装置の理論及び実験に基づく結果を説明するための図である。

【図6】本発明における音響冷凍装置の理論及び実験に基づく結果を説明するための図である。

【図7】本発明における音響冷凍装置の効果を確認するための実験回路構成図である。

【図8】従来の音響冷凍装置の断面図である。

【図9】出願人の提案にかかる音響冷凍装置の動作原理を説明するための図である。

【図10】同上の第2の図である。

【図11】該音響冷凍装置の基本構造を示す概略図である。

【図12】該音響冷凍装置の伝熱行程を説明するための図である。

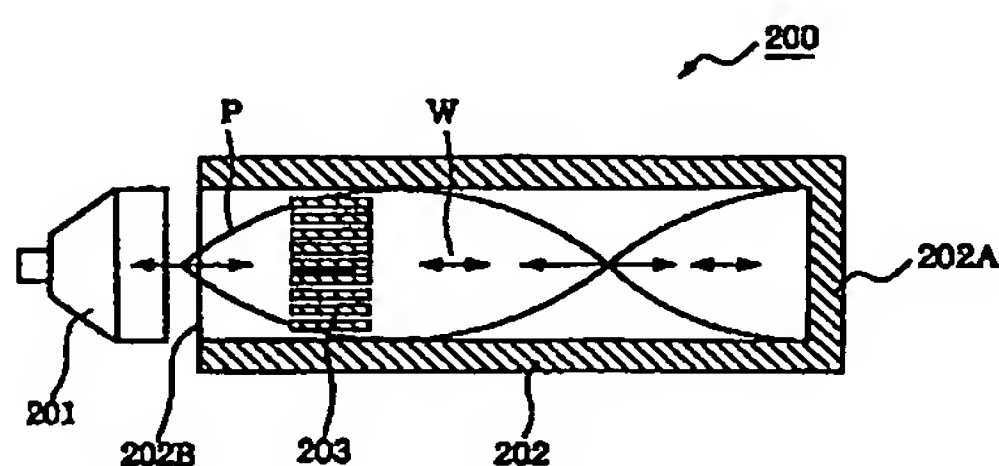
【図13】該音響冷凍装置の冷凍サイクルを表わすT-S線図である。

【図14】該冷凍サイクルを説明するための図である。

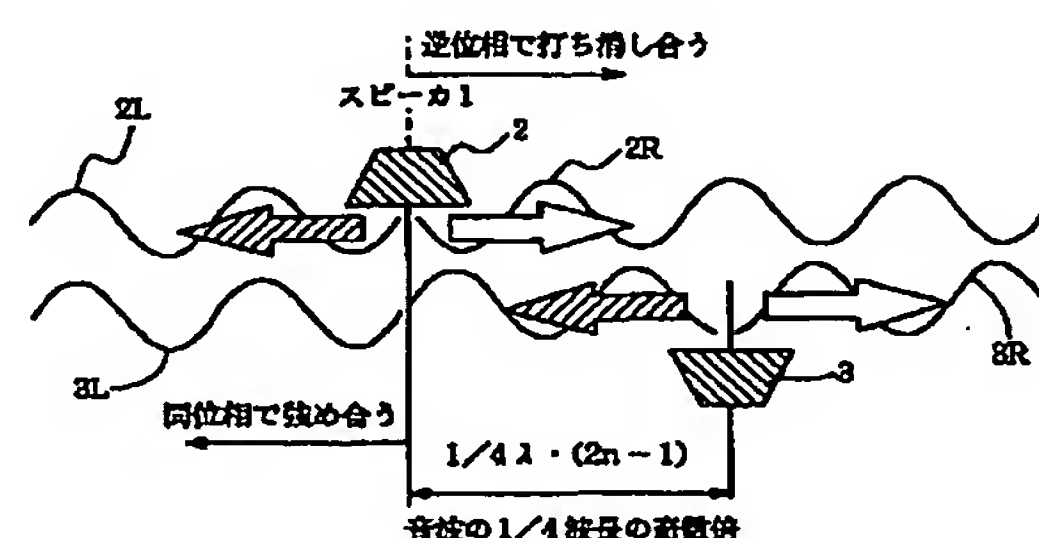
【符号の説明】

- 1 音響管
- 4 蓄冷器
- 5 音波発生装置
- 100 音響冷凍装置
- 102 高温側熱交換器
- 103 低温側熱交換器

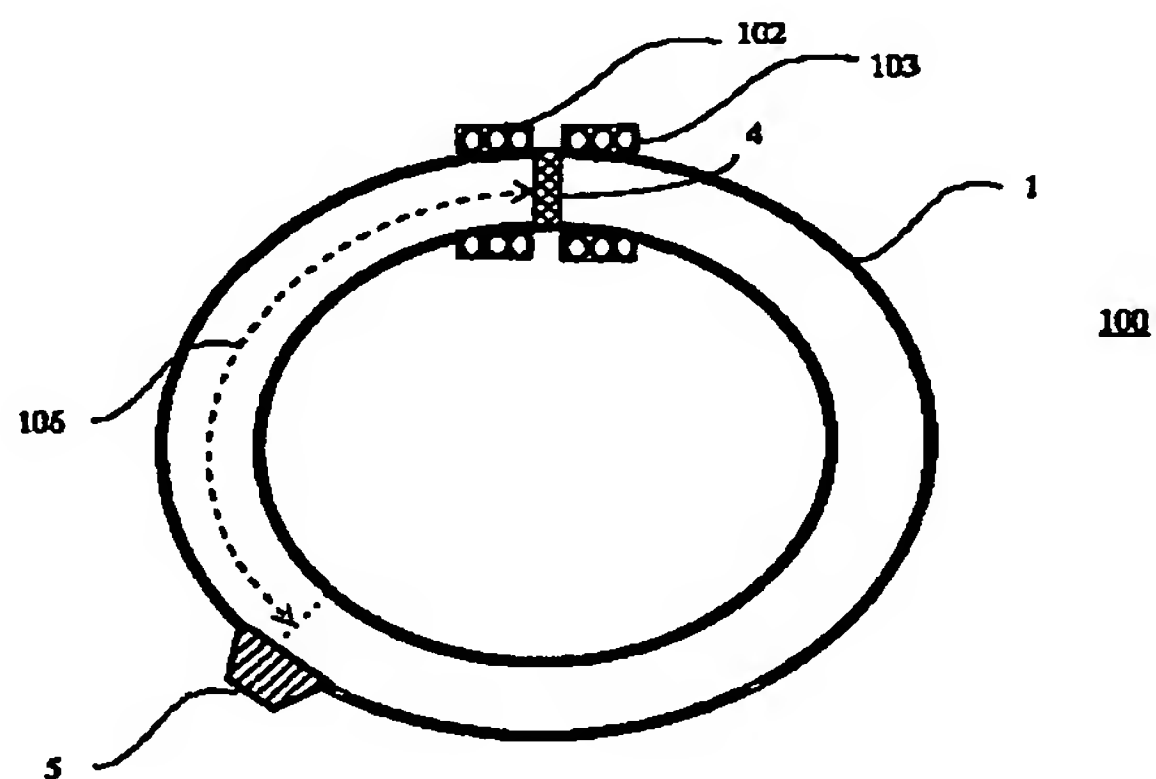
【図8】



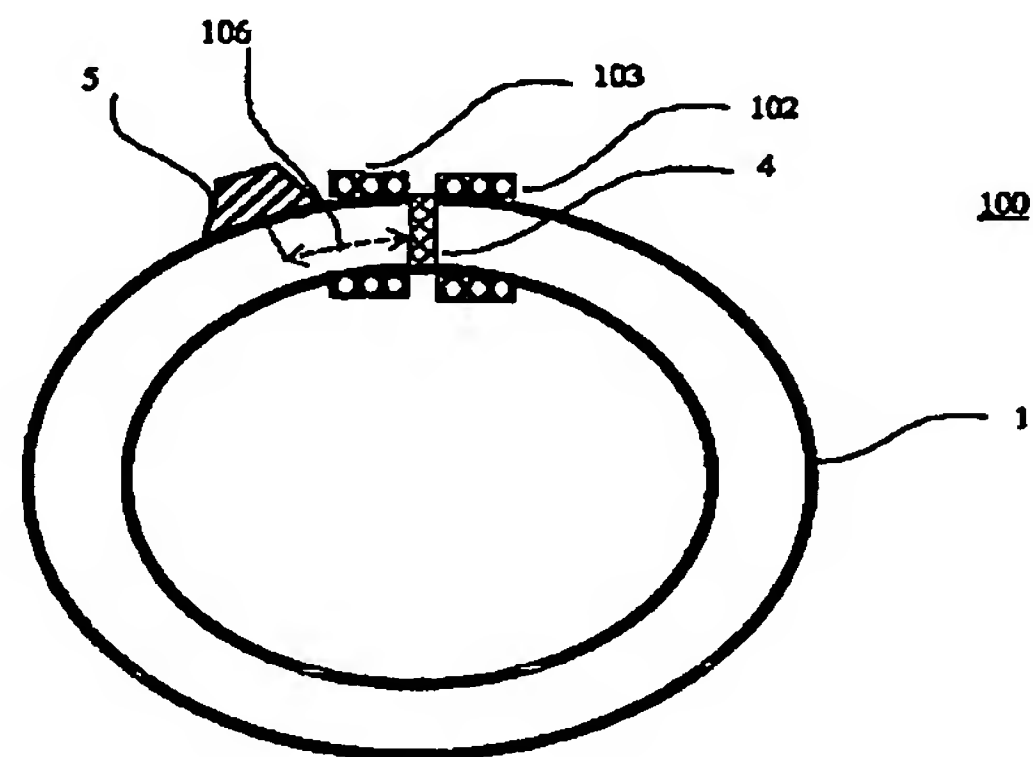
【図10】



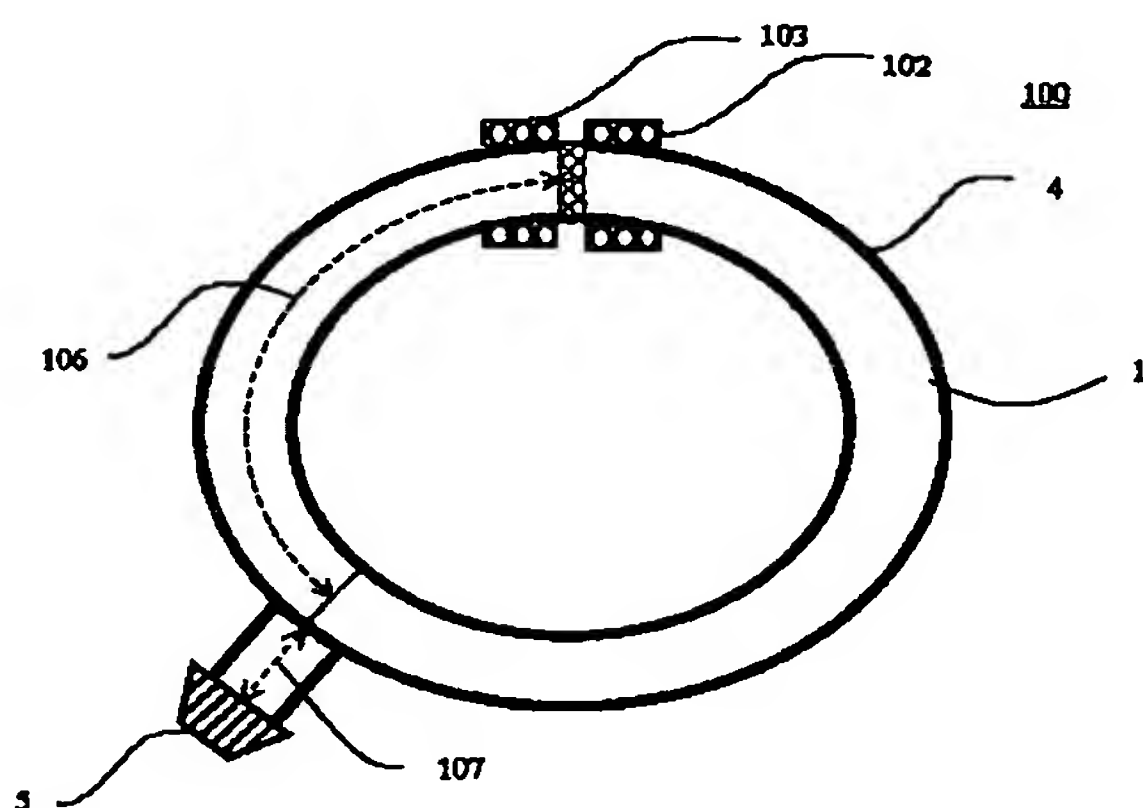
【図1】



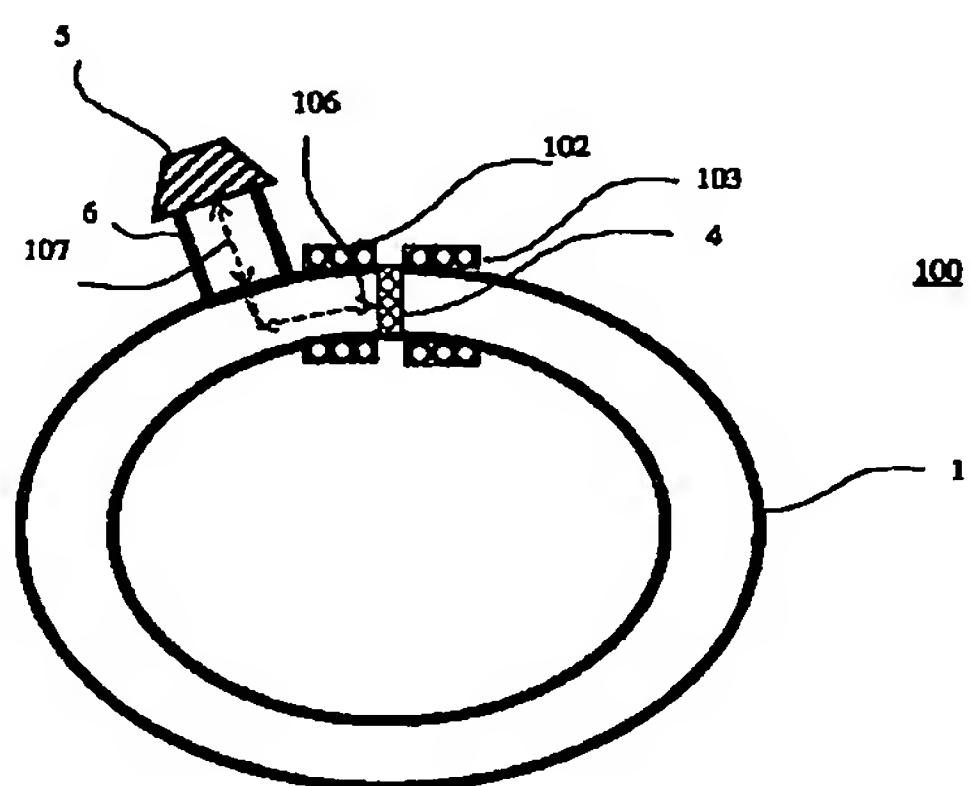
【図2】



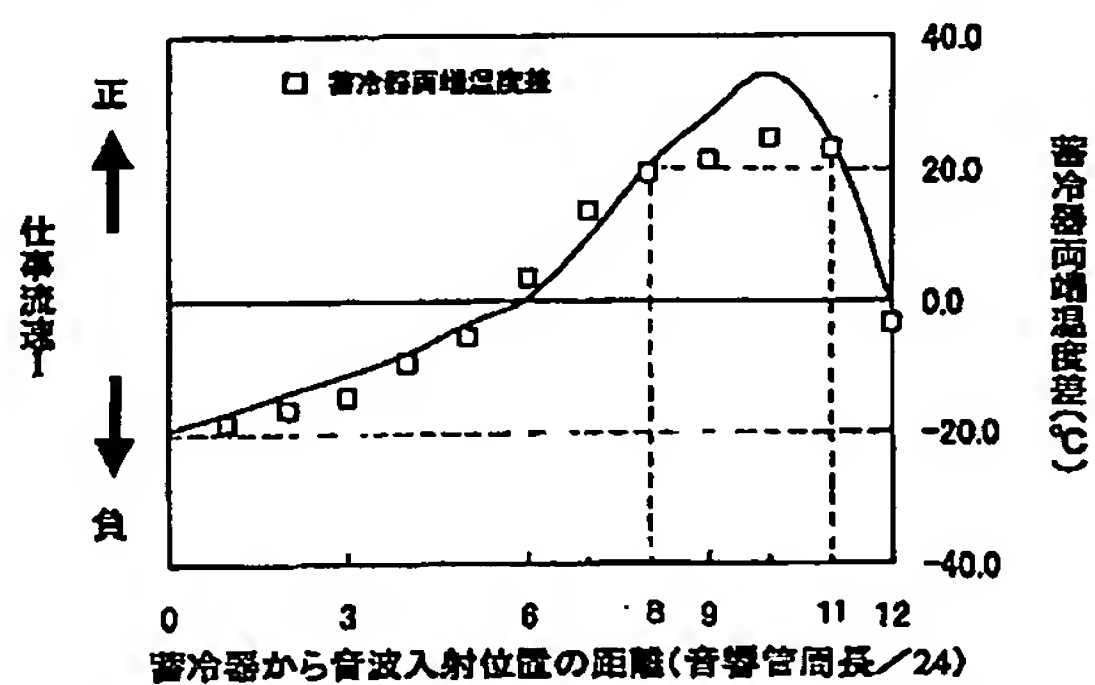
【図3】



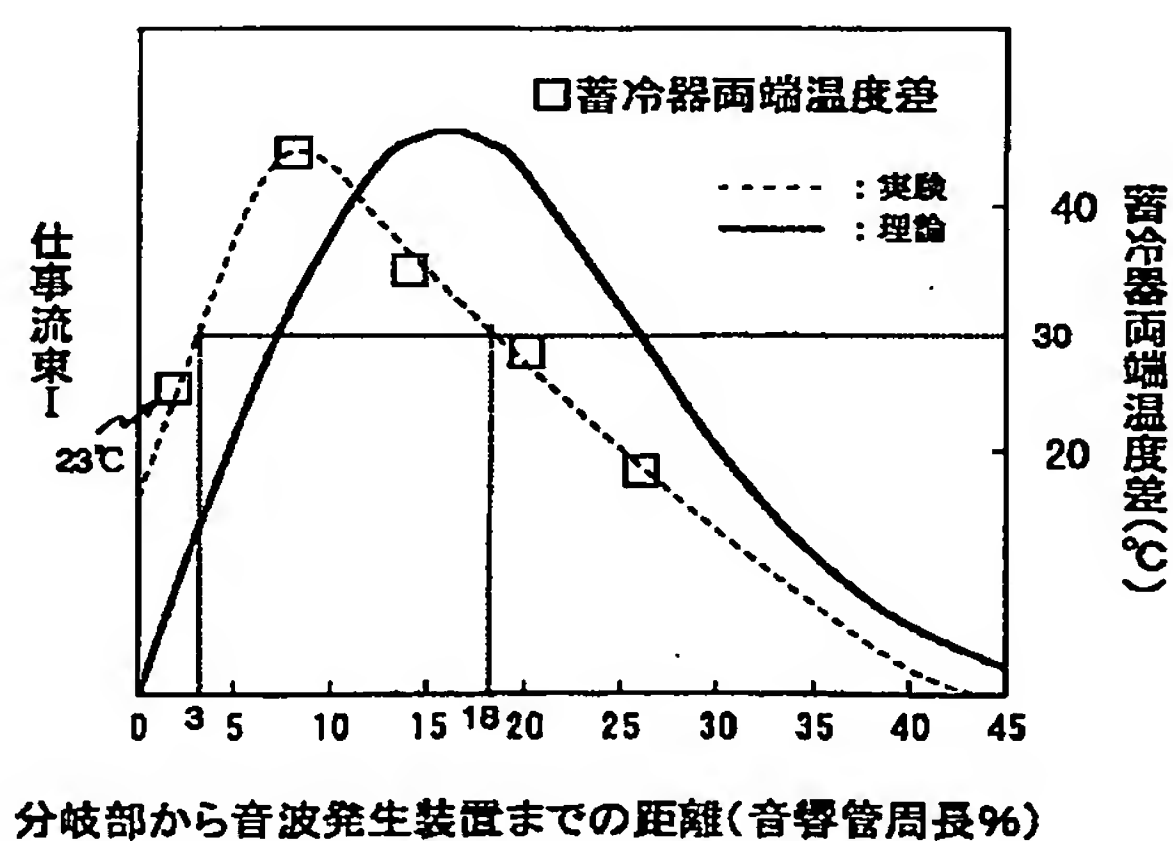
【図4】



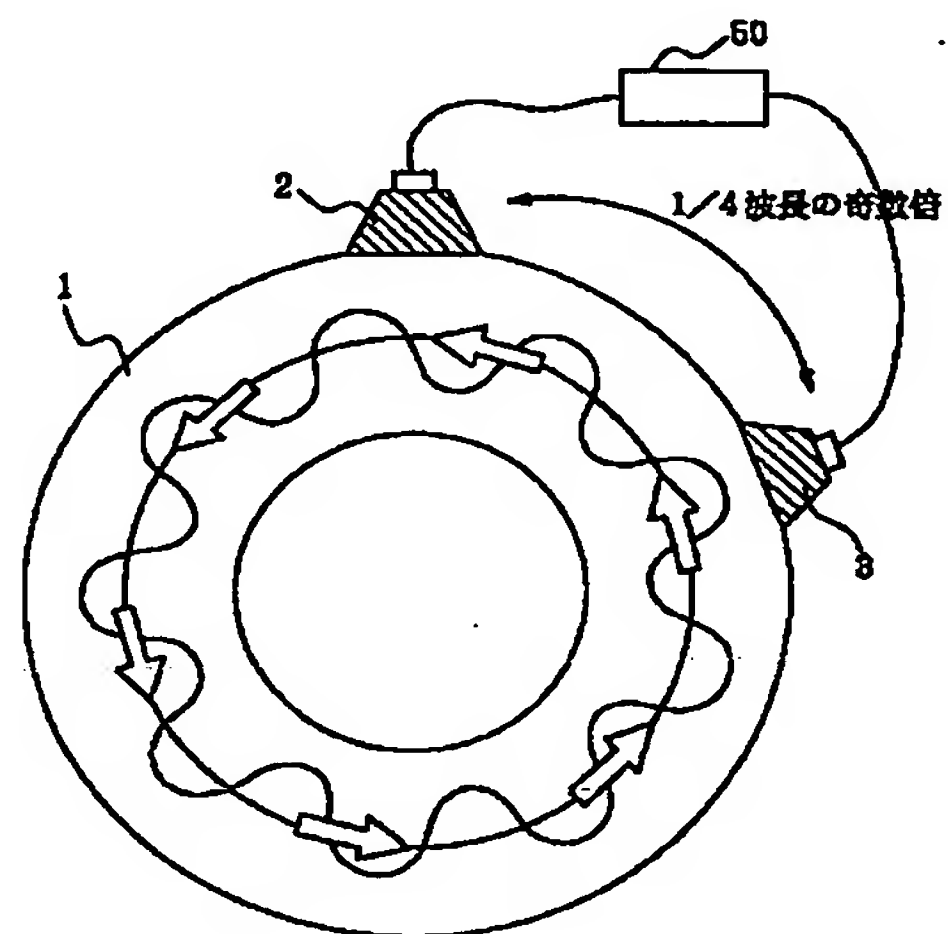
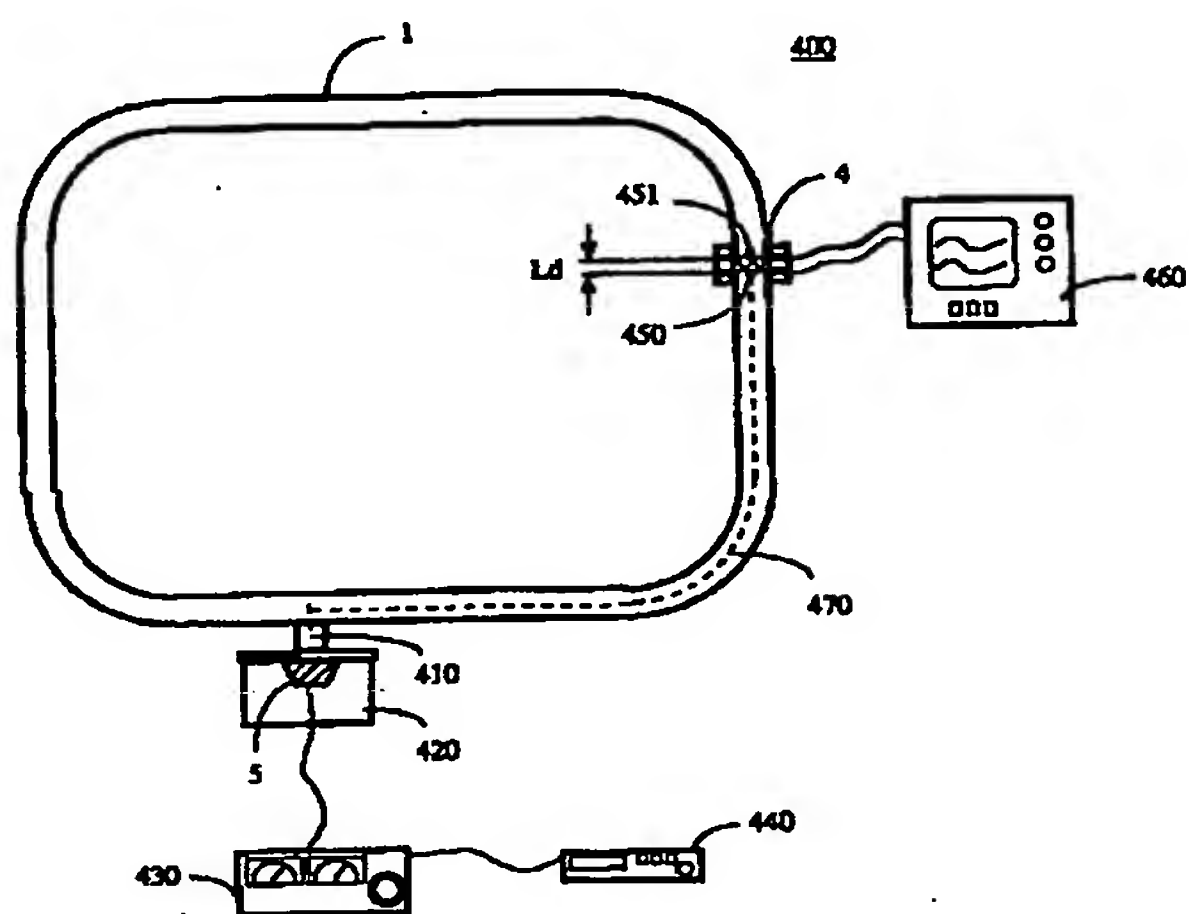
【図5】



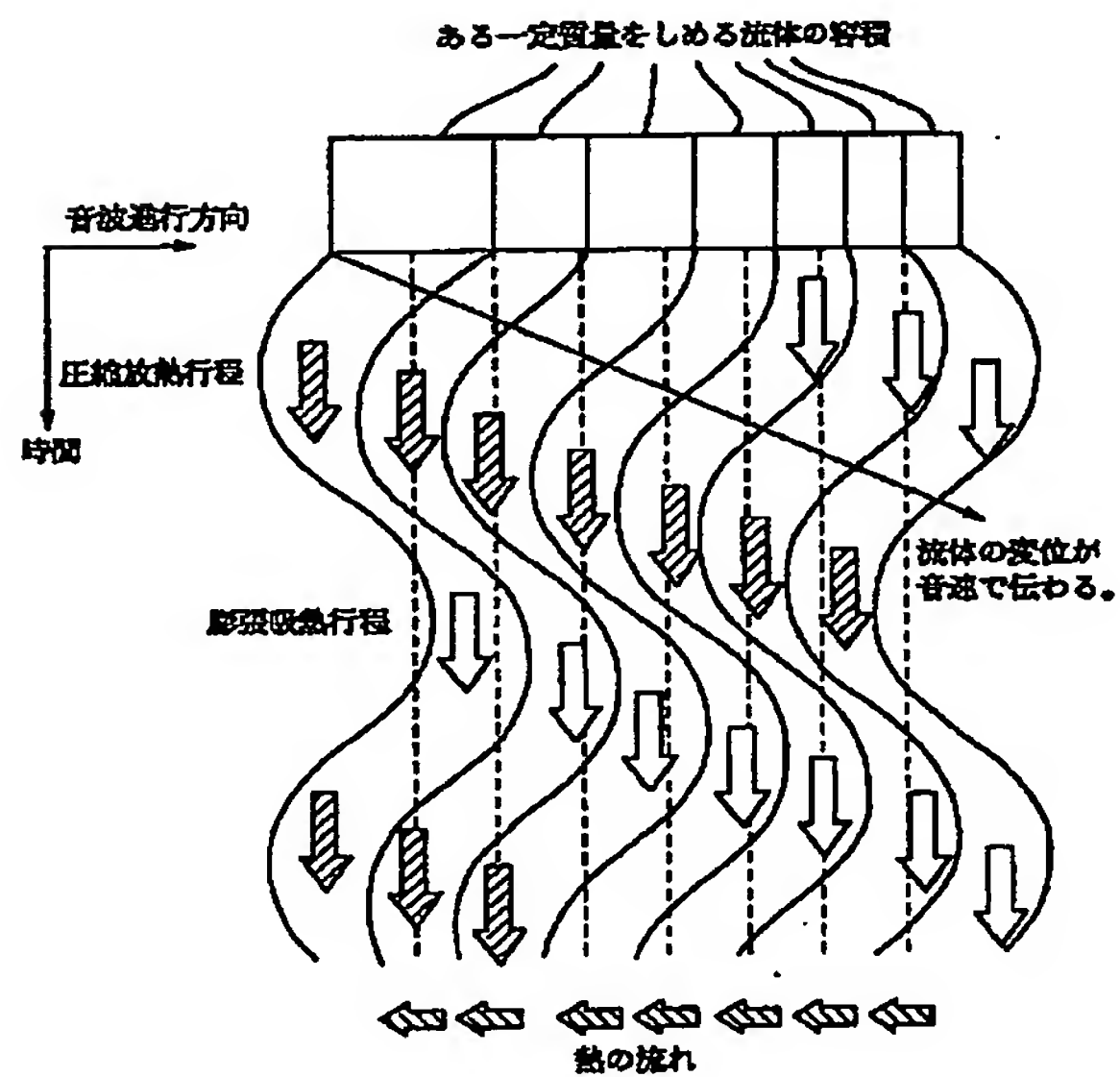
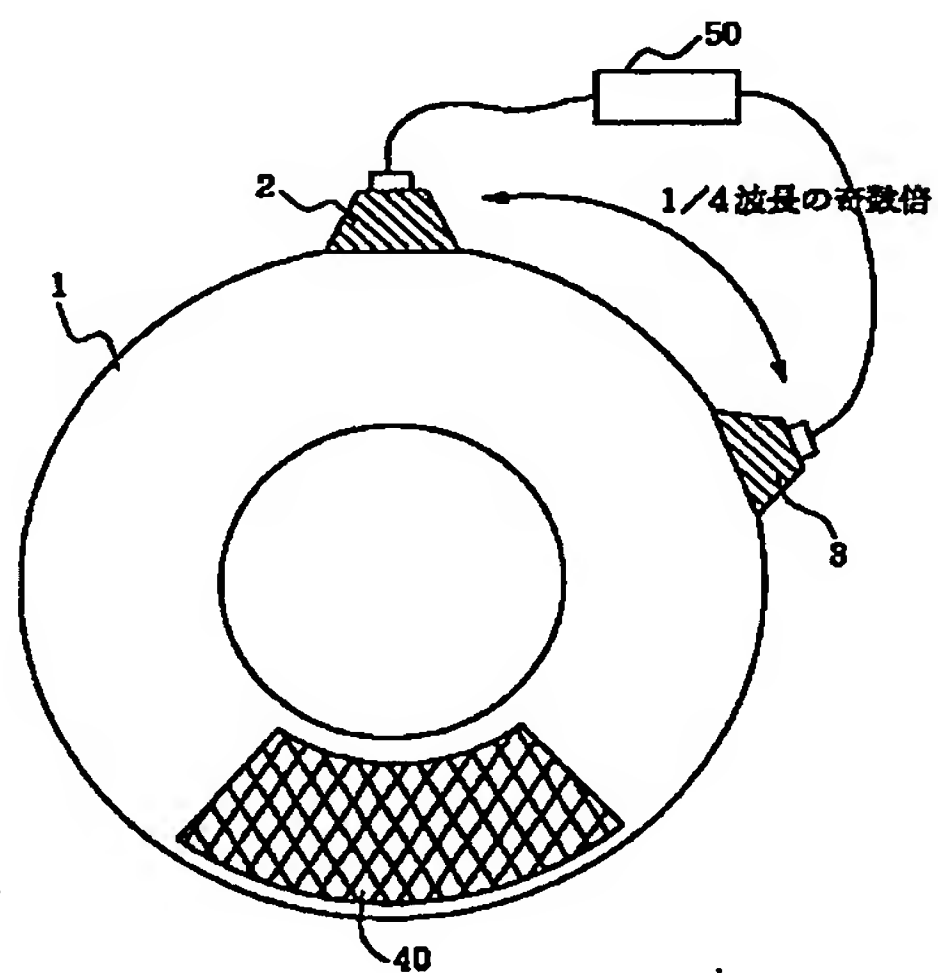
【図6】



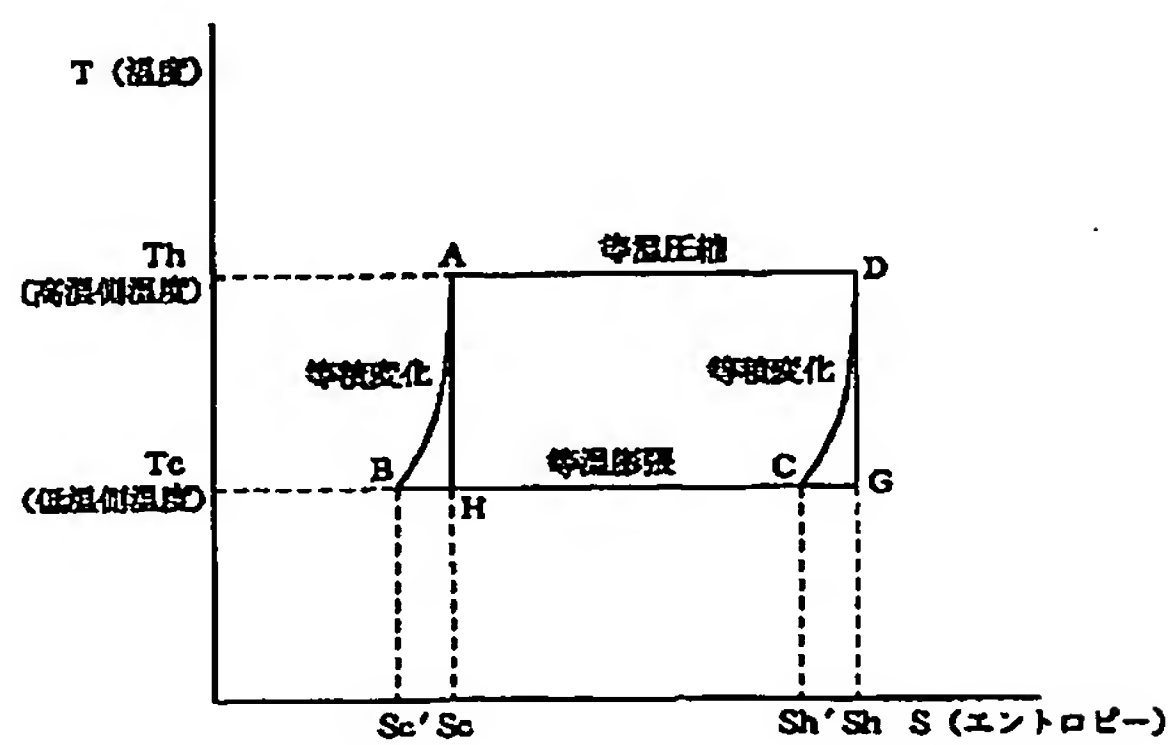
【图9】



【图 12】



【図 13】



【図14】

